

Література

1. The Navy Unmanned Undersea Vehicle. (UUV) Master Plan [Electronic Resource] / Department of the Navy; United States of America, 2004. — 127 p. — Available at: [www/URL: http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf](http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf). — Title from the screen.
2. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. — К.: Наукова думка, 1998. — 232 с.
3. Ракитин, И. Я. Подводные робототехнические системы для исследований океана [Текст] / И. Я. Ракитин. — М.: НИП «Море», 2002. — 191 с.
4. Илларионов, Г. Ю. Подводные роботы в минной войне [Текст]: монография / Г. Ю. Илларионов, К. С. Сиденко, В. В. Сидоренков. — Калининград: ОАО «Янтарный сказ», 2008. — 116 с.
5. Moore, S. Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / Steven W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen. — Publisher: Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. — 770 p.
6. Блинцов, В. С. Проектирование самоходных привязных подводных систем [Текст] / В. С. Блинцов, В. Э. Магула. — К.: Наукова думка, 1997. — 140 с.
7. Griffiths, G. Technology and Applications of Autonomous Underwater Vehicles [Text] / Gwyn Griffiths. — Taylor & Francis, 2002. — 368 p.
8. Блінцов, В. С. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності [Текст]: монографія / В. С. Блінцов. — Миколаїв: ТОВ «Фірма «Іліон», 2008. — 204 с.
9. Романовський, Г. Ф. Современное состояние и перспектива развития подводных аппаратов в Украине [Текст] / Г. Ф. Романовський, В. С. Блинцов, И. А. Родин // Proceedings of the 5-th International Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical System. — Vol. 2. — Szczecin, 2004. — P. 107–117.
10. Блинцов, В. С. Моделирующий комплекс для исследования свойств подводной буксируемой системы как объекта управления [Текст] / В. С. Блинцов, Нгуен Тьен Лонг // Збірка наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. Спеціальний випуск. В 2-х томах. Т. 1. — Київ, НАН України, ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова. — 2005. — С. 22–27.
11. Блинцов, В. С. Исследование влияния параметров кабель-троса двухзвенной подводной системы для случая «обратной буксировки» [Текст] / В. С. Блинцов, С. В. Щепелев, С. И. Ольшевский // Морские технологии. — Николаев, НКИ. — 1993. — С. 19–24.
12. Блинцов, В. С. Определение потерь в погружном электроприводе подводного аппарата [Текст] / В. С. Блинцов, Д. В. Костенко, П. Шимчак // Вісн. Нац. техн. ун-ту «ХПИ». — Вип. 10. — 2001. — С. 410–411.
13. Блинцов, В. С. Разработка оптимальных по быстродействию систем управления подводным аппаратом в условиях неопределенности на базе искусственных нейронных сетей [Текст] / В. С. Блинцов, Г. С. Грудинина // Сборник научных трудов НУК. — 2010. — № 1.
14. Варшавский, В. И. Коллективное поведение автоматов [Текст] / В. И. Варшавский. — М.: Наука, 1973. — 408 с.
15. Каляев, И. А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов [Текст] / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 280 с.

УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОРСКИХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ

Разработаны общие принципы построения систем автоматического управления группой самоходных автономных подводных аппаратов в условиях неопределенностей характеристик внешней среды и нестационарности собственных параметров подводных аппаратов. Рассмотрены особенности организации функционирования группы автономных подводных аппаратов, главные задачи автоматического управления и требования, которые выдвигаются к алгоритмам их коллективного поведения.

Ключевые слова: автономный подводный аппарат, групповое управление, система автоматического управления, морская поисковая работа.

Блінцов Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна, e-mail: blintsov@mail.ru.

Тху Доан Фук, аспірант кафедри електрообладнання суден та інформаційної безпеки, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна, e-mail: thuyhh2002@yahoo.com.

Блинцов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина. **Тху Доан Фук**, аспирант кафедры электрооборудования судов и информационной безопасности, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина.

Blintsov Sergiy, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, e-mail: blintsov@mail.ru.

Thuy Doan Fuc, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, e-mail: thuyhh2002@yahoo.com

УДК 629.127

Блінцов О. В.

СУЧАСНІ ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВ'ЯЗНИХ ПІДВОДНИХ СИСТЕМ

Представлено огляд типових варіантів прив'язних підводних систем та основних областей їх застосування. Описано базові конфігурації таких систем, склад та особливості їх використання для виконання широкого переліку морських робіт. Описано основне обладнання, яке застосовується у складі прив'язних підводних систем та запропоновано новий підхід до побудови їх систем інформаційного обміну.

Ключові слова: прив'язна підводна система, самохідний підводний апарат, інформаційний обмін, автоматичне керування.

1. Вступ

Прив'язні підводні системи (ППС) широко застосовуються при дослідженні та освоєнні Світового океану, а також при виконанні підводних робіт на внутрішніх

водоймищах — ріках, озерах і т. п. [1, 2]. На цей час обсяги морських робіт з використанням ППС зростають, тому удосконалення їх проектування належить до актуальних прикладних наукових завдань [3, 4]. Особливу актуальність створення й застосування ППС має для

України, де розширюються обсяги підводно-технічних робіт на Азовському і Чорному морях [5, 6].

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Наукові дослідження, присвячені проектуванню й ефективному застосуванню ППС, досить повно висвітлені у сучасній науково-технічній літературі [7, 8]. Найбільш детально пророблені питання автоматизації керування елементами СППС [9–14]. Проте, викладений у цих публікаціях підхід до проектування традиційно ґрунтується на розгляді окремих складових СППС та розв'язує проектні задачі для конкретного типу СППС.

Метою проведених досліджень є розробка узагальненого підходу до проектування СППС як класу підводної робототехніки з формулюванням особливостей їх функціонування, які необхідно враховувати при виконанні проектних робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати огляд типових варіантів побудови СППС як високоефективного класу техніки підводних досліджень і робіт та сформулювати узагальнені вимоги до їх проектування.

3. Результати досліджень

Проектування ППС в певній мірі залежить від задачі, виконання якої необхідно забезпечити. Сучасні вимоги до підводних робіт вимагають утримання та обслуговування парку ППС, здатних виконувати низку різноманітних підводних задач, або проектування багатоцільових ППС. Другий підхід є більш ефективним з економічної та організаційної точок зору, тому його реалізацію необхідно забезпечувати вже на етапі проектування.

Вимоги, яким має задовольняти ППС, в першу чергу визначаються призначенням. За призначенням ППС розділяються на пошукові, інспекційні, робочі, видобувні, науково-дослідні, спортивно-туристичні та спеціальні [1]. Пошукові ППС використовуються для обстеження водної товщі і донної поверхні, виявлення, обстеження й ідентифікації підводних об'єктів. Інспекційні ППС займають проміжне положення між пошуковими і робочими ППС і використовуються для обстеження і технічного огляду підводних споруд, підводні операції виконуються з мінімальним механічним контактом з підводними об'єктами. Робочі ППС призначені для виконання різних підводно-технічних операцій на підводному об'єкті (зварювання, різання, захоплення, стикування й ін.). Видобувні ППС реалізують ту або іншу підводну технологію видобутку харчових, мінеральних або енергоресурсів Світового океану. Науково-дослідні ППС орієнтовані на розв'язок широкого кола задач по вивченню Світового океану. Спортивно-туристичні ППС призначені для організації підводних атракціонів і проведення аматорських занурень у пізнавальних цілях. Спеціальні ППС призначені для розв'язку особливо відповідальних підводно-технічних задач при дотриманні специфічних вимог до їх функціональних характеристик.

Огляд літератури та власний досвід автора свідать, що більшість підводних робіт виконується із застосуванням самохідних плаваючих або несамохідних буксируваних ненаселених малогабаритних ППС, підводні апарати (ПА) яких мають кабельне енергоживлення на глибинах до 600 м.

У якості судна-носія (СН) або судна-буксирувальника (СБ) використовуються, в основному, надводні судна від малих катерів до суден з водотоннажністю більше 100 т. Застосовуються такі основні конфігурації ППС: одноланкова ППС з самохідним ПА та надводним СН; одноланкова ППС з буксируваним ПА і надводним або підводним СБ; дволанкова ППС з самохідним ПА, керованим або некерованим заглиблювачем-привантажувачем; двохланкова ППС з самохідним ПА і керованим поверхневим пристроєм відведення; трохланкова ППС з самохідним ПА, керованим або некерованим заглиблювачем-привантажувачем та керованим поверхневим пристроєм відведення.

Основні конфігурації ППС будуються із застосуванням таких базових елементів ППС: пост енергетики і керування (ПЕК); ПА (буксирований або самохідний); кабель-трос (КТ) або кабель-буксир (КБ) (один або декілька); заглиблювач-привантажувач (керований або некерований); поверхневий пристрій відведення; кабель-на лебідка (КЛ), що розташовується на СН та/або на проміжних платформах — заглиблювачі-привантажувачі, поверхневому пристрої відведення.

Серед основних задач проектування ППС, виділимо такі: вибір або розробка конфігурації ППС; вибір або розробка архітектурно-конструктивного типу ПА; вибір основного та додаткового (начіпного) обладнання ПА; вибір або розробка конструкції проміжних платформ для багатоланкових ППС; розробка системи інформаційного обміну (СІО) ППС; розробка ПЕК; розробка систем автоматичного керування ППС; формування вимог до СН.

Конфігурація ППС в основному визначається її призначенням. Задачі збору статистичних даних в науково-дослідних цілях та підводного пошуку на протяжних територіях реалізуються із застосуванням БПА. Тому при проектуванні багатоцільових ППС слід обирати конфігурації на базі самохідних ПА. Їх основними елементами СПА є рушійно-рульовий комплекс (РРК), який забезпечує швидкісні та маневрові параметри апарата, блок плавучості, привантажувачі та основне обладнання ПА, які розміщуються на рамі ПА. Крім того, слід забезпечити можливість для закріплення додаткового обладнання ПА. Основне обладнання СПА включає відеокамери, пристрої штучного освітлення та навігаційну систему, додаткове — маніпулятори, ґрунтососи тощо. Проміжна представляє собою привантажувач, закріплений на КТ з метою зменшення навантаження на вертикальний рушійний пристрій ПА.

Грамотна побудова СІО ППС є основою для забезпечення її багатофункціональності. На сьогоднішній день інформаційний обмін між пристроями ППС здійснюється в цифровому форматі. Автор пропонує будувати СІО як централізовану систему, що об'єднує виконавчі механізми та сенсори СПА, пристрої голосового зв'язку операторів апарата з палубними працівниками, пристрої реєстрації та зберігання отримуваної інформації на ПЕК. Використання стандартних цифрових протоколів інформаційного обміну забезпечить можливість встановлення додаткового начіпного обладнання без внесення кардинальних змін в конструкцію ППС. Для цього бортовий комп'ютер СПА необхідно обладнати резервними цифровими портами введення/виведення, до яких при необхідності може бути під'єднане додаткове (начіпне) обладнання. Будівництво СІО як централізованої системи

спрощує проектування ПЕК, який включатиме один або декілька комп'ютерів зі спеціалізованим програмним забезпеченням, а також пристрої суднової навігації та зв'язку. При необхідності ПЕК можна обладнати широкоформатними моніторами та іншим обладнанням, при цьому також без необхідності внесення кардинальних змін до його структури.

При правильній організації СЮ ППС розробка систем автоматичного керування зводиться до програмної реалізації керуючих алгоритмів, які на цей час дають змогу радикально зменшити навантаження на людину-оператора і керувати елементами ППС в умовах невизначеності зовнішніх та внутрішніх збурень.

Після прийняття основних рішень по конфігурації ППС, конструкції СПА та обладнання ПЕК формуються вимоги до СН по енергозабезпеченню ППС та по ергономіці до його приміщень для розташування ПЕК. Отримані вимоги можуть коректуватись на етапах проектування ППС.

4. Висновки

У роботі наведено короткий опис типових варіантів побудови прив'язних підводних систем та основних областей їх застосування. Описано базові конфігурації таких систем, склад обладнання та особливості їх використання для виконання пошукових, інспекційних, технічних, видобувних, науково-дослідних, спортивно-туристичних і спеціальних морських підводних робіт. Описано основне обладнання, яке застосовується у складі прив'язних підводних систем. Сформульовано основні задачі, які необхідно розв'язати при проектуванні прив'язних підводних систем та запропоновано новий підхід до побудови їх систем інформаційного обміну.

Література

1. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. — К.: Наукова думка, 1998. — 232 с.
2. Подводные технологии и средства освоения Мирового океана [Текст]. — М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. — 780 с.
3. Блинцов, В. С. Современные проблемы создания электрооборудования и автоматики подводных аппаратов [Текст] / В. С. Блинцов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. — 2007. — № 5(24). — С. 90–98.
4. Moore, S. W. Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / Steven W. Moore, Harry Bohm, Vickie Jensen. — Publisher: Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. — 770 p.
5. Блинцов, В. С. Сучасні завдання створення підводних апаратів-роботів для пошукових та спеціальних операцій [Текст]: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю / В. С. Блинцов, О. В. Красних // Підводна техніка і технологія. — Миколаїв: НУК, 2011. — С. 155–157.
6. Блинцов, В. С. Особливості створення автономних ненаселених підводних апаратів для підприємств морської галузі України [Текст]: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю / В. С. Блинцов, С. В. Блинцов, О. В. Красних // Підводна техніка і технологія. — Миколаїв: НУК, 2012. — С. 10–12.
7. Блинцов, В. С. Проектирование самоходных привязных подводных систем [Текст] / В. С. Блинцов, В. Э. Магула. — К.: Наукова думка, 1997. — 140 с.
8. Roberts, G. N. Advances in Unmanned Marine Vehicles [Text] / G. N. Roberts, R. Sutton. — IET, 2006. — 441 p.

9. Романовський, Г. Ф. Современное состояние и перспектива развития подводных аппаратов в Украине [Текст] / Г. Ф. Романовський, В. С. Блинцов, И. А. Родин // Proceedings of the 5-th International Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical System. — Vol. 2. — Szczecin, 2004. — P. 107–117.
10. Блинцов, В. С. Моделирующий комплекс для исследования свойств подводной буксируемой системы как объекта управления [Текст] / В. С. Блинцов, Нгуен Тьен Лонг // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. Спеціальний випуск. В 2-х томах. Т. 1. — Київ, НАН України, ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова. — 2005. — С. 22–27.
11. Блинцов, В. С. Разработка оптимальных по быстродействию систем управления подводным аппаратом в условиях неопределенности на базе искусственных нейронных сетей [Текст] / В. С. Блинцов, Г. С. Грудина // Сборник научных трудов НУК. — 2010. — № 1.
12. Блинцов, С. В. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності [Текст] / С. В. Блинцов. — К.: Наук. Думка, 2008. — 205 с.
13. Блинцов, С. В. Синтез та дослідження системи керування динамікою руху підводного апарата на базі інверсної моделі з онлайн-ідентифікацією параметрів [Текст] / С. В. Блинцов // Збірник наукових праць НУК. — 2012. — № 5–6. — С. 46–50.
14. Govindarajan, R. Underwater Robot Control Systems [Text] / R. Govindarajan, S. Arulselvi, P. Thamarai // International Journal of Scientific Engineering and Technology. — 2013. — Volume 2. — Issue 4. — P. 222–224.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВЯЗНЫХ ПОДВОДНЫХ СИСТЕМ

Представлен обзор типовых вариантов привязных подводных систем и основных областей их применения. Описаны базовые конфигурации таких систем, состав и особенности их использования для выполнения широкого перечня морских работ. Описано основное оборудование, которое применяется в составе привязных подводных систем и предложен новый подход к построению их систем информационного обмена.

Ключевые слова: привязная подводная система, самоходный подводный аппарат, информационный обмен, автоматическое управление.

Блинцов Александр Володимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры импульсных процессов и технологий, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина, e-mail: energybox@mail.ru.

Блинцов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры импульсных процессов и технологий, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Украина.

Blintsov Oleksandr, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine, e-mail: energybox@mail.ru